

ALATI ZA POBOLJŠAVANJE KVALITETE

QUALITY IMPROVEMENT TOOLS

Dražen Čelar, Vladimir Valečić, Dubravko Željezić, Živko Kondić

Stručni članak

Sažetak: Kvaliteta je postala svjetski pokret i način življenja. Uspjeh organizacije najviše zavisi o kvaliteti proizvoda ili usluga. Za to najveću odgovornost snosi uprava, ali pri tome svi zaposleni moraju participirati u ostvarivanju kvalitete. Kvaliteta jest i biti će ključ za poboljšanje konkurentnosti na tržištu. Kvaliteta je značajan faktor opstanka, poslovnog uspjeha i prosperiteta poduzeća. Ključni princip sistema kvaliteta je donošenje odluka na osnovu činjenica, do kojih se dolazi prikupljanjem, obradom i analizom podataka i opažanja. Ovaj članak obrađuje alate za analizu i poboljšanje kvalitete. Alati su prvenstveno namijenjeni upravi, ali u njihovoj provedbi ključno je sudjelovanje svih zaposlenika, kako bi oni dali relevantne podatke na osnovu kojih uprava može izvršiti analizu i donošenje.

Ključne riječi: alati, dijagram, kvaliteta, metode, poboljšanje, upravljanje, poduzeće, procesi, poduzeće

Professional paper

Abstract: Quality has become a worldwide movement and a way of life. The success of the organization depends mostly on the quality of products or services. The primary responsibility lies on the management, but also all employees must participate in the exercise of quality. Quality is key for improving the competitiveness on the market. Quality is an important factor for survival, business success and prosperity of companies. A key principle of the quality system is making decisions based on facts, and to the fact arise through the process of collecting, processing and analyzing data and observations. This article deals with tools for analysis and improvement of quality. The tools are primarily intended for management, but in their preparation participation of all employees is crucial, so that they can give relevant information on which management can conduct analysis and making decision.

Key words: company, diagram, improve, management, methods, processes, quality

1. UVOD

Iako povijest kontrole kvalitete seže još u vrijeme starog Egipta, znanstveni principi vezani su uz početak industrijske revolucije. Još 1924. godine Walter Stewhart uveo je statističku metodu kontrole kvalitete u Bell grupaciji. Međutim sve do kraja drugog svjetskog rata nije bilo značajnijeg prihvaćanja metoda praćenja kvalitete u proizvodnji.

Noviju povijest kvalitete obilježile su tri grupe znanstvenika i praktičara kvalitete:

- američki znanstvenici, koji su svojim radom utjecali na razvoj misli o kvaliteti u Japanu (Edwards Deming, Joseph M. Juran, i Annand Feigenbaum),
- japanski znanstvenici, koji su razvili novi koncept kvalitete, a sve to na osnovama učenja "ranih" Amerikanaca (Kaoru Ishikawa, Genichi Taguchi i Shigeo Shingo),
- novi zapadni val, koji je podigao razinu svijesti o kvaliteti na Zapadu (Philip Crosby, Tom Peters i Claus Moller).[1]

Zanimljivost vezana uz povijest uvođenja statističkih metoda u kontrolu kvalitete je da su Deming i Juran temelje svojih metoda postavili u Japanu, koji je dotad bio poznat po jeftinim i nekvalitetnim proizvodima. Na

Demingovim postavkama u Japanu je razvijen Total Quality Management, koji je 70-tih godina prihvaćen u Sjedinjenim Američkim Državama kao alat za unaprjeđenje proizvodnje, ali tek kad su Amerikanci uvidjeli kako njihovi načini kontrole nisu učinkoviti i stvaraju gubitke.

Svi ovi znanstvenici razlikuju se u svojim pristupima upravljanju proizvodnjom i kvalitetom, ali dijele neke zajedničke točke:

Odgovornost menadžmenta – menadžment mora osigurati opredijeljenost, vodstvo, motiviranje i prikladnu podršku tehničkim i ljudskim procesima. Odgovornost je top-menadžmenta da odredi okruženje i okvir operacija unutar organizacije. Imperativ je da menadžment promiče uključivanje zaposlenika u poboljšavanje kvalitete, te da razvija kulturu kvalitete promjenom percepcije i odnosa prema njoj.

Planiranje - naglašene su aktivnosti strategije, politike i procjene na razini organizacije.

Edukacija i osposobljavanje - naglašena je važnost edukacije i osposobljavanja zaposlenika, u cilju promjene ponašanja zaposlenika, odnosa, unapređivanja zaposlenikovih sposobnosti pri izvršavanju zadataka.

Poboljšavanje - cilj svih zaposlenika u poslovnom sustavu trebalo bi biti stalno poboljšavanje proizvoda,

procesa i sustava kao cjeline, a pritom primjenjujući poznate temeljne i složenije koncepte i alate stalnog poboljšavanja.

Kontrola procesa - vrlo je važno kontrolirati procese i poboljšavati sustav kvalitete i oblikovanja proizvoda. Naglasak je stavljen na prevenciju pojave pogrešaka, a ne na kontrolu nakon njihove pojave.

Sustavni pristup – kvaliteta je sustavna aktivnost na razini organizacije, a ide od dobavljača do klijenata. Sve funkcionalne aktivnosti, kao: marketing, oblikovanje, proizvodnja, kontrola, otprema, montaža i uslužne djelatnosti, moraju biti uključene u napore za poboljšanje kvalitete.[2]

2. SUSTAVI UPRAVLJANJA KVALITETOM

Znanstveni pristupi izveli su nekoliko velikih sustavi upravljanja kvalitetom. Iako i na njih možemo gledati kao na alate, oni se služe mnogim osnovnim alatima, a u svojoj osnovi postavljaju koncepte i metodologiju za ostvarenje poboljšanja, pa ih prije svega smatramo sustavima. Neki od poznatih sustava kvalitete:

- TQM - Total quality management
- QFD - Quality function deployment
- ISO 9000
- Benchmarking
- Six sigma
- Lean (vitka) proizvodnja

2.1. TQM – Total quality management (sveukupno upravljanje kvalitetom)

Total Quality Management (TQM) je sustav upravljanja kvalitetom na svim područjima organizacije, on ističe zadovoljstvo kupaca, a koristi metode i alate kontinuiranog poboljšavanja. TQM se temelji na konceptima podučavanja upravljanja kvalitetom upravljačkih gura; Deminga, Juran, Crosbya, Ishikawe i drugih. Naziv TQM prvi puta je korišten 1985. od strane Naval Air Systems Command za svoj program, te je od tada taj termin široko usvojen.

Korisnici TQMa mogu slijediti program koji se temelji prvenstveno na Demingovih četrnaest točaka upravljanja kvalitetom, Juranovoj trilogiji (planiranje kvalitete, kontrola kvaliteta i poboljšanje kvalitete), Philip Crosbyjevih četiri apsolutna pravila upravljanja kvalitetom.

Alati koji koristi TQM mogu se podijeliti na 7 QC (kontrolnih) alata, uvedenih od japanskog profesora Kaoru Ishikawe:

dijagram uzroka i posljedica (koji se naziva Ishikawa dijagram ili dijagram riblje kosti), kontrolne liste, Shewhartovi kontrolni grafikoni, histogram, Pareto dijagram, dijagram raspršenja i dijagram toka,

te 7 MP (upravljačko-planskih) alata:

analiza afiniteta, međurelacijski grafikon, analiza stabla, matrica prioriteta, matrična analiza, grafikon procesnih odluka, dijagram aktivnosti.

3. STATISTIČKI (STARI) ALATI ZA POBOLJŠAVANJE KVALITETE

Određenje sedam starih (statističkih) alata za poboljšavanje kvalitete dao je Ishikawa, a oni su:

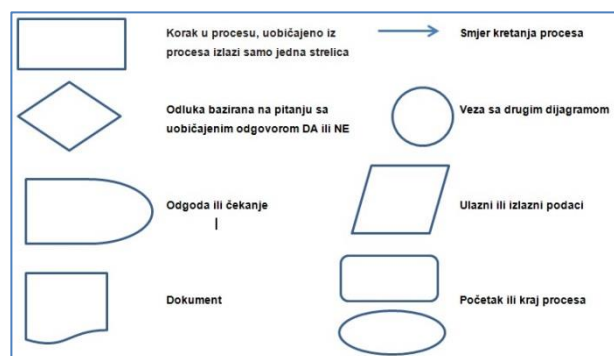
- 1) Dijagram toka procesa;
- 2) Pareto dijagram;
- 3) Korelacijski dijagram;
- 4) Dijagram uzroka i posljedice;
- 5) Lista sakupljenih grešaka ili ispitne liste;
- 6) Histogram;
- 7) Kontrolne karte kvalitete ..

3.1. Dijagram toka procesa

Dijagram toka / dijagram procesa je grafički alat koji prikazuje osnovne faze procesa s ulaznim i izlaznim parametrima, te mogućnošću poboljšanja. Dijagram toka je hijerarhijski prikaz procesa koji može biti općenit i detaljan. Općeniti se koristi kako bi se otkrile kritične točke u procesu. Detaljni dijagram toka koristi se da bi se razjasnili detalji proizvodnog procesa. To je izuzetno koristan alat kod utvrđivanja međuzavisnosti pojedinih faza. Dijagram toka koristimo:

- Kad tim počinje učiti proces, kao prvi i najvažniji korak u razumijevanje procesa
- Kada smo u potrazi za poboljšanjima u procesu
- Pri projektiranju poboljšanja procesa
- Na svakom koraku u poboljšanje procesa, kao referenca za postupak izvođenja procesa
- Kod obuke ljudi u procesu
- Kod dokumentiranja procesa [3]

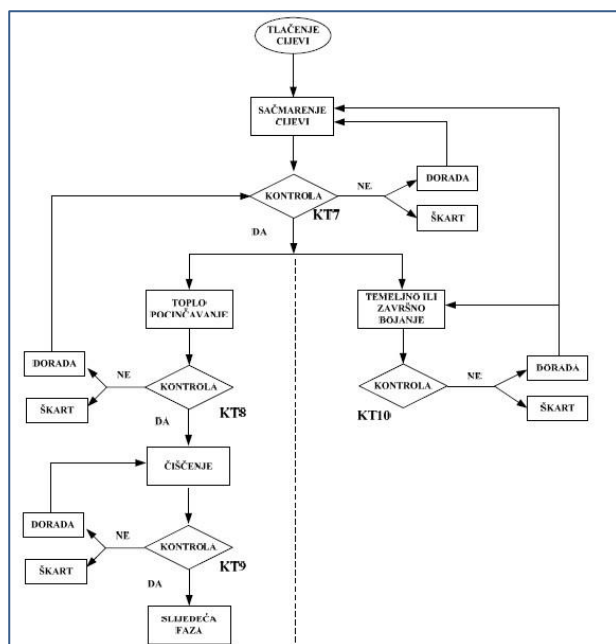
Dijagram toka sastoji se od grafičkih elemenata koji određuju neku proceduru u procesu. Uobičajeni grafički simboli su slijedeći:



Slika 1. Grafički simboli dijagrama toka

Sve procedure unutar nekog procesa, i svi procesi unutar neke organizacije trebali bi biti pokriveni dijagramima toka koji su najbolja uputa na provođenje istih. Na slici 2. Prikazan je proces zavarivanja cijevi.

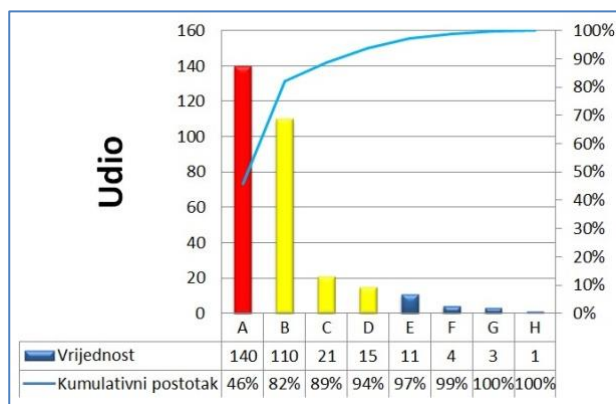
Do sredine 70-tih godina prošlog stoljeća ova tehnika je bila relativno malo korištena, ali se uvođenjem dijagrama toka u računalnu tehniku sve više proširila u ostalim granama poslovanja. Danas je gotovo nezamisliv jedan proces u ozbiljnoj organizaciji bez dijagrama toka. On definira standardne procedure i nepoštivanje istih smatra se povredom u procesu, što može izazvati trajne posljedice.



Slici 2. Dijagram toka procesa zavarivanja cijevi.

3.2. Pareto dijagram

Pareto metoda je ime dobila po Vilfredu Paretu, talijanskom ekonomistu i sociologu, poznatog po primjeni matematičkih metoda u okviru ekonomske analize. Rođen je 1848. godine, po struci inženjer, a cijelog života je izučavao matematiku.



Slika 3. Pareto dijagram

Po njemu je nazvan Pareto princip, odnosno princip 80/20, koji kaže da postoji vitalna manjina i upotrebljiva većina. 20% uzroka uzrokuje 80% problema, 20% ljudi raspolaže sa 80% cjelokupnog bogatstva. Ili sa aspekta klijenata, 20% klijenata donosi 80% prihoda nekoj firmi. Koraci u izradi Pareto dijagrama su slijedeći:

1. definirati kategorije koje će se pratiti putem dijagrama
2. definirati koji su podaci relevantni. Uobičajeno su to: količina, cijena ili vrijeme
3. definirati koje vrijeme će se analizirati
4. prikupljanje podatka
5. izračunati međuzbrojeve za svaku kategoriju
6. odrediti mjerilo u kojem će se dijagram crtati

7. ucrtati traku sa najvećom vrijednosti krajnje lijevo u dijagramu, pa idući po vrijednosti do nje i tako do zadnje vrijednosti.
8. izračunavanje postotka za svaku vrijednost, crtanje vertikalne osi u
9. izračunavanje kumulativne sume po kategorijama, posljednja kumulativna suma trebala bi dostići 100 %, spojiti točke kumulativnih suma

Kod izrade Pareto dijagrama najbolje bi bilo upotrijebiti vrijednost greške (financijsku) kao os udjela, kako bi na jednostavan način prikazali udio vrijednosti grešaka u nastaloj šteti. Iz Pareto principa razvila se ABC analiza koja podatke razvrstava u tri skupina: A: 0–80% : područje najvećeg utjecaja; B : 80–95 % - područje relevantnog utjecaja; C: 95–100% - područje malog utjecaja.

Analiza PARETO ili ABC dijagrama nailaze na široko područje primjene te metode u postupcima unapređivanja kvaliteta kako proizvoda tako i procesa rada. Osim što je vrlo jednostavna, ova se metoda odlikuje visokim stupnjem fleksibilnosti zbog nezavisnosti od prirode problema i karaktera utjecajnih veličina koje se analiziraju. Pareto dijagram primjenjiv je u svim slučajevima kvantitativno izraženih parametara, ali i u slučajeva kvalitativno izraženih podataka uz određena podešavanja modela.

Iako se metoda može koristiti kao samostalna, ona je najčešće ulazna ili izlazna svih ostalih metoda (alata) za poboljšavanje kvalitete.

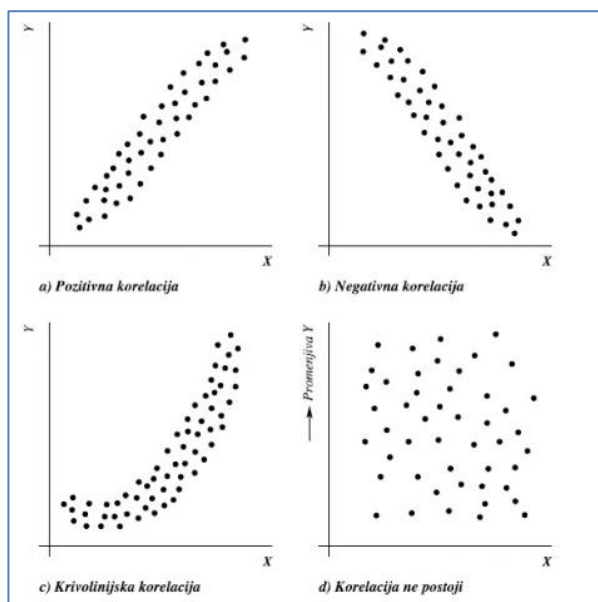
3.3. Dijagram rasipanja

Dijagram rasipanja predstavlja grafički prikaz rezultata regresijske i korelacijske analize. Crta se u pravokutnom koordinatnom sustavu s aritmetičkim mjerilima na osima. Dijagram rasipanja u pravokutnom koordinatnom sustavu točkama prikazuje parove vrijednosti dviju promatranih numeričkih varijabli. Pri tome su x_i vrijednosti nezavisne varijable X , a y_i vrijednosti zavisne varijable Y .

U primjeni dijagrama rasipanja postoje dva područja problema, što ovisi o području istraživanja:

- Ovisnost između dviju varijabli (dva skupa podataka), kada neovisna varijabla X utječe (uvjetuje) veličinu varijable Y . Tada govorimo o regresiji. Pri tome je neovisna varijabla uzrok, a zavisna posljedica. Cilj regresijske analize je proučavanje očekivane vrijednosti zavisne varijable na osnovu zadanih nezavisnih varijabli prema funkciji regresije i standardne greške regresije.
- Ovisnost između dviju varijabli (dva skupa podataka), varijable X i varijable Y . Tada govorimo o korelaciji. Cilj korelacijske analize je određivanje snage veze između varijabli na osnovu koeficijenta korelacije i koeficijenta determinacije [4]

Kako se radi o vrlo širokoj temi u ovom članku bit će prikazana korelacijska analiza dijagrama rasipanja. Karakter korelacije utvrđuje se na osnovu izgleda dijagrama pa prepoznamo (slika4.) :



Slika 4. Vrste korelacije [4]

U drugom koraku utvrđuje se korelacijski koeficijent:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Pri čemu je:

r - Personov koeficijent linearne korelacije

x_i - x vrijednost varijable

y_i - y vrijednost varijable

\bar{x} - srednja vrijednost varijable po x

\bar{y} - srednja vrijednost varijable po y

Vrijednosti korelacijskog koeficijenta mogu biti u rasponu od -1 do 1, pri čemu će vrijednosti bliže negativnoj jedinici ukazivati na negativnu korelaciju, a one bliže pozitivnoj na pozitivnu korelaciju. Vrijednosti vrlo bliske 0 ukazivati će na odsutnost korelacije, a teorijske vrijednosti -1 i 1 na postojanje funkcionalne, a ne korelacijske veze.

Koeficijent determinacije jednak je kvadratu korelacijskog koeficijenta i predstavlja postotnu zavisnost varijabli. Dijagram rasipanja moguće je izvoditi i za višezavisne korelacije. Četiri osnovna koraka u izradi dijagrama rasipanja su:

1. Prikupljanje podataka
2. Crtanje dijagrama
3. Analiza dijagrama
4. Utvrđivanje međuovisnosti

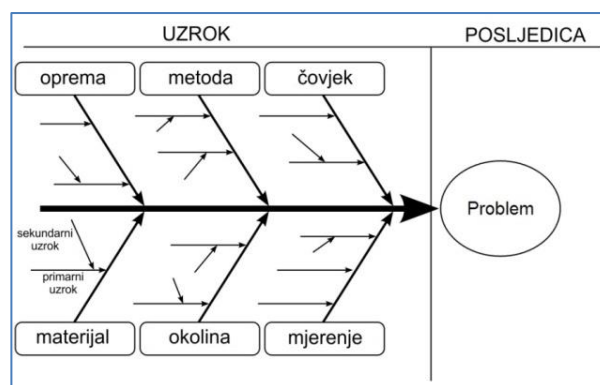
Dijagram rasipanja je statističko-matematički model pronalazjenja veza uzroka kada na postoje dokazi o funkcionalnim vezama događaja. Često se koristi u kombinaciji sa drugim alatima za poboljšavanje kvalitete.

3.4. Dijagram uzroka i posljedica

Dijagram uzrok-posljedica je alat koji pomaže u identifikiranju, sortiranju i prikazivanju mogućih uzroka specifičnih problema ili karakteristika kvaliteta. On grafički ilustrira odnos između danog izlaza i svih faktora koji utječu na izlaz. Ovaj dijagram se vrlo često

naziva i Ishikava dijagram prema njegovom utemeljitelju, japanskom znanstveniku Kaoru Ishikawi koji je ovaj način pronalazjenja uzroka grešaka prvi puta primijenio u japanskom brodogradilištu Kawasaki. Vrlo često ćemo čuti da dijagram nazivaju i dijagram riblje kosti zbog svog specifičnog izgleda.

Ishikava je u svojim razmatranjima utvrdio da u nastajanju grešaka postoji 6 velikih grupa uzroka i nazvao ih 6M: oprema (machine), metoda (method), materijal (material), čovjek (man power, mind power), mjerenja (measurement), okolina (Milieu/Mother Nature).



Slika 5. Osnovni izgled Ishikava dijagrama

Slijedeći korak je širenje uzroka koje se često kombinira sa tehnikom 5W: gdje, što, kad, tko, zašto (Where, What, When, Who, Why) kako bi se otkrio korijen uzroka nastalog problema.

Kada se na određenom nivou unošenjem u dijagram iscrpe svi pronađeni uzroci, te utvrdi logičnost svake od grana, prelazi se na analizu podataka:

- Identifikacija vjerojatnih (3–5) uzroka problema koji se analizira i njihovo označavanje u dijagramu
- Taj postupak, pored usmjeravanja na osnovne uzroke problema, omogućava, u određenim slučajevima, iznalaženje linije kritičnih uzroka, što je svakako jedan od značajnih rezultata Ishikavine metode,
- Ishikava dijagram zasebno nije dovoljan za rješavanje problema - on samo upućuje na njegove osnovne uzroke i uzročno - posljedične veze.

Iz danih razloga je potrebno prikupljanje podataka radi provjere najznačajnijih (najvjerojatnijih) uzroka i rješavanje problema nekom drugom, odgovarajućom metodom (Pareto ili ABC dijagram i sl.).

3.5. Liste sakupljenih grešaka ili ispitne liste

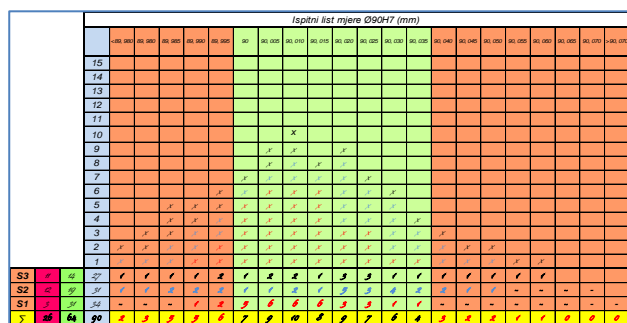
Ispitne liste su obrazac u koji se unosi učestalost neke pojave prema mjestu, vrsti, vremenu ...

Podaci se unose na kvantitativnoj ili kvalitativnoj razini. Liste u koje se podaci unose na kvantitativnoj razini često se nazivaju i „liste prebrojavanja“. Upotrebljava se na mjestima gdje se promatrana pojava može lako utvrditi od strane „prebrojača“.

Ispitne liste grade se pomoću 5W pitanja: tko, što, gdje, kad, zašto (who, what, where, when, why). Postoje različiti tipovi ispitnih lista, a u ovom članku bit će nabrojene dvije.

3.5.1. Ispitne liste za provjeru oblika vjerojatnosti procesa

Ove liste koriste se za provjeru distribucije dobivenih vrijednosti. Kod kreiranja ovog tipa listi vrlo je važno da se unaprijed može predvidjeti u kojem će rasponu vrijednosti dolaziti, kako bi se lista konstruirala na pravilan način. Na slici 6. prikazana je jedna takva lista za kontrolu mjere izraditka. Ovakav tip liste automatski gradi i histogram, ali nam pokazuje i koliko proizvoda je ispravno, a koliko je škart, što su ujedno i kvalitativni, ali i kvantitativni podaci.



Slika 6. Ispitna lista mjere Ø90H7

Iz liste se vidi kako je rad podijeljen u tri smjene. Ukupno je u tri smjene izrađeno 90 komada osovine, na kojoj je jedna od dimenzija Ø90H7. Analizom se lako može utvrditi da su u prvoj smjeni gotovo svi izrađeni komadi imali zadovoljavajuću mjeru. U drugoj smjeni broj točnih komada opada, dok je trećoj veći od onih ispravnih. Također se može vidjeti da broj komada ispod zadane tolerancije veći, nego onaj iznad. Čak i ovako kratko razmatranje dovodi do zaključka da rad u trećoj smjeni nije zadovoljavajući, te da treba pogledati dolazi li možda do preranog istrošenja oštice noža zbog smanjenja mjere. Naravno, ovakvo praćenje moralo bi se vršiti u duljem vremenskom periodu da bi donijelo bolje rezultate.

3.5.2. Ispitni list za utvrđivanje mjesta nepravilnosti

Ovim tipom ispitne liste može se lako utvrditi koji proces prouzrokuje najveći broj nepravilnosti. Na slici 7. prikazan je list koji utvrđuje greške po odjelima. Ovakav tip liste je kvantitativan, i ukazat će da neki od procesa treba poboljšanje, ali ne i njegov smjer.

Mjesto greške	Broj grešaka	Ukupno
Rezanje		4
Tokarenje		2
Glodanje	++++	5
Brušenje		1
Površinska obrada		2
Pakiranje		1

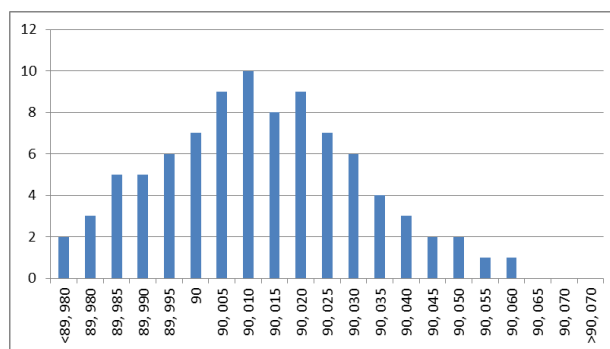
Slika 7. Ispitni list: Utvrđivanje mjesta nepravilnosti

Jedna od vrlo čestih ispitnih listova je tkz. završna ispitna lista, kojom se utvrđuje jeli neki proizvod izrađen prema uputama i jesu li zadovoljeni svi traženi parametri.

Obično se koristi u procesima sa mnogo koraka, kako bi podsjetila izvođača što sve treba odraditi.

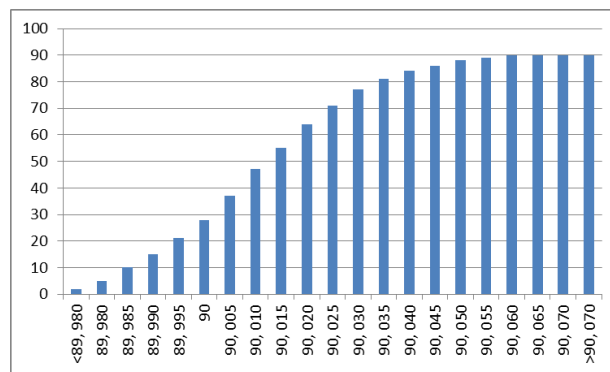
3.6. Histogram

Histogram je stupčasti grafički prikaz učestalosti pojavljivanja vrijednosti određenog parametra procesa. Iz njega se dobije oblik razdiobe procesa, a ako su zadane granične vrijednosti procesa mogu se odrediti i udjeli nesukladnih proizvoda/usluga prema propisanim zahtjevima. Podatke dobivene u ispitivanju/kontroli poredamo u razrede određene veličine, na temelju kojih ćemo dobiti i frekvencije razreda. Ako veličinu razreda pretvorimo u veličinu pravokutnika unutar koordinatnog sustava: razreda-frekvencija dobit ćemo dijagram:



Slika 8. Histogram

Ovakav dijagram nazivamo histogramom te nam on grafički predočuje učestalost pojavljivanja neke pojave u procesu. Poseban oblik histograma je kumulativni histogram u kojem se frekvencije prethodnih razreda pribrajaju te vrijednost pokazuje broj vrijednosti koje su manje ili jednake vrijednosti s osi x.



Slika 9. Kumulativni histogram

Jedna od najznačajnijih karakteristika kojima određujemo izgled histograma je svakako veličina razreda. Ona se određuje tabelarno ili nekom od formula npr.:

$$k = 1 + 3.3 \log n$$

ili

$$k = \sqrt{n}$$

Postupak određivanja širine razreda osobito je značajan kod velikog broja podataka.

3.6. Kontrolne karte

Kontrolne karte poznate su kao karte ponašanja procesa ili Shewhartove karte po njihovom izumitelju. Od početka primjene, koji seže u daleku 1920. godinu u Bellovim laboratorijima, do danas ove karte se nisu bitnije izmijenile i jedan su od najznačajnijih alata u kontroli procesa. Kontrolna karta je u prvom redu slika procesa, te nam pokazuje kako se kontrolirana značajka kreće u vremenu, tj. kreće li se proces unutar zadanih granica. Prilikom analiziranja procesa bitno je odgovoriti na pitanja:

Zašto se dogodio otklon procesa?
Kako podesiti centriranost procesa?

Osnovne mogućnosti ovog alata mogu se opisati kao:

- upravljanje kvalitetom procesa rada na bazi prostorne i vremenske slike stanja, promjena i tendencija kvalitete sadržanih na kontrolnoj karti;
- kontrola kvaliteta proizvoda u pojedinim fazama proizvodnje, fazi pripreme i fazi završetka;
- stabilizacija procesa na osnovu otkrivanja nedopuštenih faktora i njihovog isključivanja iz toka procesa;

- analiza točnosti i stabilnosti procesa rada;
- kvalitativno usavršavanje tehnoloških procesa rada;
- analiza grešaka obrade u toku odvijanja tehnoloških procesa;
- primjena u svim fazama nekog procesa i svim veličinama proizvodnje osim u pojedinačnoj

Konstrukcija kontrolne karte vrlo je jednostavna. Na os x nanose se vremenski intervali kontrole ili jedinice kontrole, dok se na y os nanose očekivane vrijednosti kontrole (mjerenja). Povuku se gornja i donja kontrolna granica (vrijednosti dopuštenih tolerancija), te središnja linija. Na ovaj način konstrukcija karte je završena.

Analizom podataka dobiti ćemo već prije spomenutu sliku procesa, ali i odgovor na pitanje je li proces pod kontrolom. Na proces pod kontrolom utječu samo „slučajni“ faktori, dok na proces koji nije pod kontrolom utječu sistemski faktori.[5]

Kontrolne karte dijelimo u tri grupe:

1. kontrolne karte koje prate mjerljive karakteristike
2. kontrolne karte koje prate atributivne karakteristike
3. specijalne kontrolne karte



Slika 10. Kontrolna karta

3.7.1. Kontrolne karte za mjerljive karakteristike

Ove kontrolne karte se upotrebljavaju kada postoji mjerljiva karakteristika procesa npr. duljina, masa, vrijeme ... Sve karakteristike kvalitete bitne za funkciju proizvoda mogu se pratiti ovim tipom karata. U praksi postoji nekoliko vrsta ovih karata.

Najčešće korištene su:

\bar{X} – kontrolna karta
 \bar{X} – R kontrolna karta
 \bar{X} – R kontrolna karta
 \bar{X} – σ kontrolna karta

3.7.2 Kontrolne karte za atributivne karakteristike

Ovaj tip karata koristi se za karakteristike procesa kojima se mogu dodijeliti ocjene: loš-dobar, te za

proizvode sa velikim brojem konačno mjerljivih karakteristika kod kojih bi izvođenje velikih broja kontrolnih karata izazvalo velike troškove.

U praksi se upotrebljavaju slijedeće atributivne kontrolne karte:

- p kontrolne karte
- np kontrolne karte
- u kontrolne karte
- c kontrolne karte

Kada su kontrolne karte nacrtane izvođači se analize procesa koje moraju dati odgovore na dva pitanja:

1. postoje li sistemski utjecaji
2. je li proces sposoban

Sistemski utjecaj otkriva se pomoću pravila jedne točke, sedam točaka, neobičnih ponavljanja, pravila

srednje trećine, dok se sposobnost procesa ocjenjuje statističkim računskim metodama.

Važno je napomenuti da priprema upotrebe kontrolnih karata iziskuje stručno osoblje, ali i određene troškove, te se u njihovom uvođenju mora biti vrlo racionalan. Gotovo je irelevantno uvođenje kontrolnih karata u procesima bez grešaka ili sa malim utjecajem na kvalitetu. Kontrolne karte nema smisla uvoditi ni u procese gdje se njima neće otkriti uzrok nastajanja

grešaka. U svakom slučaju, one se smatraju jednim od najbitnijih starih alata kontrole kvalitete.

4. UPRAVLJAČKI (NOVI) ALATI ZA POBOLJŠAVANJA KVALITETE

Razvojem kontrole kvalitete, razvijene su i neke nove metode za njeno poboljšavanje. Iako tih metoda ima mnogo više najčešće se kao 7 novih metoda TQMa spominju:

- 1) Dijagram afiniteta (srodnosti)
- 2) Dijagram međuodnosa (uzročni)
- 3) Stablo dijagram
- 4) Matrični dijagram
- 5) Programirane kartice za proces odlučivanja
- 6) Strijela dijagram
- 7) Matrična analiza podataka

4.1. Dijagram afiniteta

Ovaj alat poznat je i pod imenom KJ metoda prema njenom tvorcu japanskom antropologu Jiru Kawakiti. Postupak se izvodi u slijedećim koracima:

1. Organiziranje tima: u tim se pozivaju osobe koje su na neki način povezane sa problemom, te o njemu imaju neka saznanja. Obično se smatra da je tim veličine 5-10 sudionika optimalan. Problem izlaže voditelj tima na način da ne navodi potencijalne uzroke ili rješenja. Svakom članu tima dodjeljuje se nekoliko „post-it“ papirića.
2. Svaki član tima na papiriće zapisuje neki od načina rješavanja problema. Ovaj postupak se vodi u tišini na način da niti jedan od sudionika procesa ne ometa onog drugog. Ovo potiče nekonvencionalne metode razmišljanja, sprječava sukobe mišljenja i neizražavanje ideja od strane niže rangiranih zaposlenika. Zapisivanje treba trajati određeno kraće vrijeme (ovisno o problemu, do 3 minute)
3. Svi papirići stavljaju se sada na jednu površinu (stol, tabla) i počinje diskusija. Diskusijom se vrši grupiranje sličnih ideja. Ovaj postupak se vrši dok svi članovi tima nisu zadovoljni izvršenim. Nakon izvršenog grupiranja važno je svakoj grupi dati ime. Ukoliko postoji mogućnost, povezati grupe u super grupe.



Slika 11. Dijagram afiniteta

Primjer: U poduzeću je zamijećen pad kvalitete proizvoda i povećanje troškova. Da bi se pokušao otkriti problem napravljeni su timovi na način da je iz svakog odjela uzet po jedan radnik. Predočen im je problem, podijeljeni su im listići i u zadane dvije minute na pitanje: „Što po Vama uzrokuje pad kvalitete proizvoda?“ dobiveni su slijedeći odgovori: *nepoznavanje procesa, spajanje naloga sa materijalom, certifikati materijala, ulazne mjere materijala, pogrešna tehnologija, tok materijala, ulazna kontrola materijala,*

nedostatak mjernih sredstava, prepoznavanje materijala, preskakanje koraka, nepridržavanje procedura, pogrešni nacrti, pogrešni materijal, kvaliteta dobavljača, definiranje mjesta materijala, nedostatak znanja, čekanje na transport, nedostatak ambalaze, loši kooperanti, kratko vrijeme izrade.

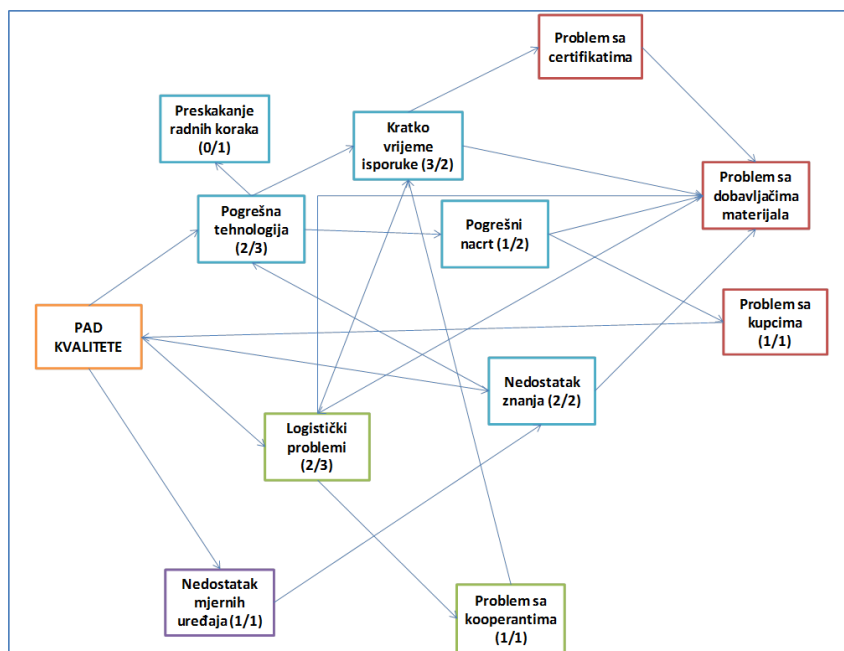
Nakon pregleda svih dobivenih odgovora, tim je počeo sa grupiranjem. Članovi tima brzo su uvidjeli da je materijal jedan od češćih uzroka problema, zatim da su

problemi kontrole proizvoda, te problemi tehnologije također učestali. Tim je izvršio grupiranje (slika 11.)

Na ovaj način grupirani problemi mogu nam pomoći u njihovom rješavanju. Iz ponuđenog primjera vidljivo je da su glavni problemi vezani uz tehnologiju i materijal. Metoda ima nekih sličnosti sa Ishikawinim dijagramom uzroka i posljedica, međutim za razliku od njega sudionicima dopušta da oslobode svoje zamisli, te da ne budu sputani okvirima.

4.2. Dijagram međuodnosa

Dijagram međuodnosa pokazuje uzročno posljedične veze. Proces stvaranja dijagrama međuodnosa pomaže grupi da detektira prirodne veze između različitih aspekata pojedinog procesa.[6] Ovaj dijagram je logičan nastavak za analizu dijagrama uzroka i posljedica, stablo dijagrama i dijagrama afiniteta. Upotrebljava se radi boljeg razumijevanja razloga uzročno-posljedičnih veza, pronalaženju područja ponajboljih rješenja problema.



Slika 12. Dijagram međuodnosa

Postupak izrade dijagrama je sljedeći:

1. Okuplja se tim za rješavanje problema
2. Pred tim se postavlja pitanje koje mora biti oblikovano u svima razumljivu frazu ili rečenicu. Pomoću „post-it“ naljepnice, ili ucrtavanjem u okvire na papiru pitanje se stavlja na vrh dijagrama.
3. Ispod centralnog pitanja postavljaju se ideje (uzroci, posljedice). Vrlo često to su ideje dobivene iz dijagrama uzroka i posljedica, stablo dijagrama i dijagrama afiniteta. Između postavljenih ideja postavljaju se veze. Svaka veza donosi jedan bod ideji, ali se može postaviti i sustav koji će vezu ocjenjivati i kvalitativno, pa će jake veze biti ucrtane punom linijom i donositi bod, a one slabije isprekidanom i donositi pola boda.
4. Kada su postavljene sve ideje i povučene sve veze ispod svake ideje ispiše se broj ulaznih i izlaznih bodova.
5. Ideje koje imaju uglavnom izlazne veze nazivamo uzrocima, a one sa uglavnom ulaznim vezama – posljedicama.

Dijagram međuodnosa moguće je kreirati i u matričnoj verziji. U prvi red postavljaju se sve ideje, dok se u kolonama upisuju njihov međuodnos.

Ovakav način prikazivanja ima svoja ograničenja. Broj ideja koje se razrađuju ne bi trebao biti manji od 15, jer za taj broj dijagram nije ni potreban, ni veći od 50, jer

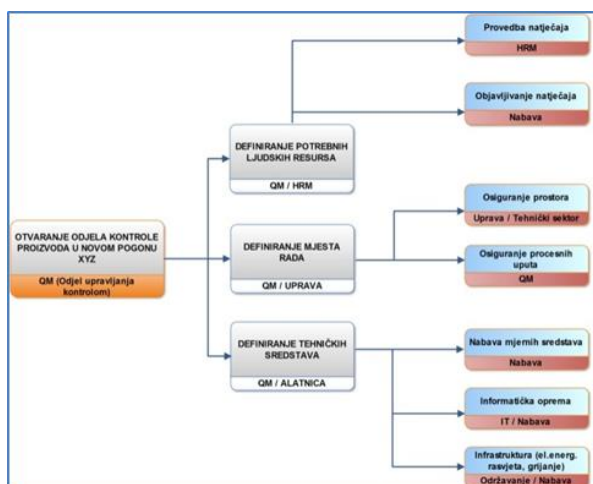
bi dijagram bio previše kompleksan. U dijagramu ne bi smjele postojati dvostruke strelice, već bi trebalo odlučiti koji je uzrok-posljedica jači.

4.3. Stablo dijagram

Ovaj alat je posebno koristan za rješavanje složenih zadataka, gdje se ne zna točno što i kako se treba učiniti, ili za bilo koji posao u kojem preskakanje i najmanjeg koraka može rezultirati visokim troškovima. Stablo dijagram se najčešće koristi za razbijanje velikih projekata u više manjih, kako bi se točno definirale odgovornosti i termini u procesu. Ovaj dijagram također može biti od velike koristi pri utvrđivanju grešaka nastalih pri realizaciji velikih projekata, čijim se razbijanjem na grane i podgrane točno može utvrditi mjesto nastanka greške.

U procesu planiranja kvalitete, dijagram počinje s općenitim ciljem (stablo), a zatim se identificiraju progresivno finije razine djelovanja (grane) potrebne za postizanje cilja. U sklopu poboljšanja procesa, dijagram se može koristiti kako bi se identificirali uzroci problema. Alat je posebno koristan u osmišljavanju novih proizvoda / usluga ili za stvaranje provedbenih planova za otklanjanje uočenih procesnih problema. Na dijagramu se točno može odražavati projekt, međutim,

najbitnije je da provedbena ekipa ima potpuno i detaljno razumijevanje zadataka.



Slika 13. Stablo dijagram

4.4. Matrični dijagram

Matrični dijagram omogućuje timu da na vizualni i sistematični način utvrdi uzročno-posljedičnih veze odabranih kriterija, zahtjeva ili ciljeva, te odredi prioritete u rješavanju problema.[7] Matrični dijagram prikazuje odnos između dvije, tri, ili četiri skupine informacija. On također može dati informacije o vezi između skupina, kao što su njezina snaga, uloga ili mjerenja. Uobičajna upotreba matričnog dijagrama je:

- Kad određujemo distribuciju odgovornosti za zadatke među skupinom ljudi (naziva se i matrica odgovornosti)
- Prilikom povezivanja zahtjeva kupaca na elementima procesa (naziva se i critical-to-quality ili CTQ matrica)
- Kada utvrđujemo koji problemi utječu na koji proizvod ili dio opreme
- Kada utvrđujemo uzročno-posljedične veze
- Kada utvrđujemo snagu ili sukob između dva plana koja će biti izvršena zajedno

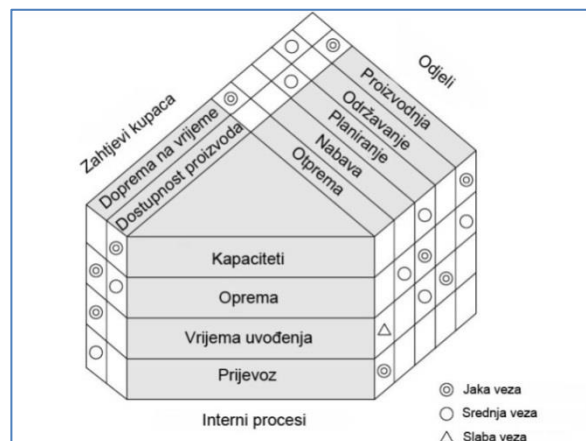
Postoje šest mogućnosti oblikovanja matrice: L-, T-, Y, X-, C- i krovnog oblika, ovisno koliko skupina želimo komparirati:

- L oblik matrice - za utvrđivanje odnosa dvije skupine međusobno (ili za jednu skupinu prema sebi samoj).
- T-obliku matrice - za utvrđivanje odnosa tri skupine: skupina B i C su međusobno povezana s A dok skupine B i C nisu međusobno povezane.
- Y-oblika matrice - odnosi tri skupine Svaka skupina se odnosi na druge dvije.
- C-oblik matrice- za odnose tri skupine istovremeno, u 3-D.
- X-oblik matrice - za odnose četiri skupine. Svaka grupa povezana s druge dvije u kružnom načinu.
- Krovni oblik matrice - za odnose unutar jedne grupu. Obično se koristi sa L-ili T-oblikom matrice.

Postupak izrade matričnog dijagrama:

1. Odluka o grupama predmeta koji su u odnosu.

2. Odabiranje odgovarajućeg oblika matrice.
3. Crtanje linija mreže matrice.
4. Upisivanje stavki u svakoj grupi kao oznake redova i naslove stupaca.
5. Odluka o informacijama koje će se pokazivati sa simbolima na matricu.
6. Uspoređivanje skupina, stavku po stavku. Za svaku usporedbu, označiti odgovarajući simbol u polju križanja uparenih stavki.
7. Analizirati matricu. Možda će se trebati ponoviti postupak u drugom formatu ili s nekom drugom skupinom simbola kako bi se saznalo više o odnosima.



Slika 14. Matrični dijagram

Primjer matričnog dijagrama dat je za tri skupine podataka kroz Y-dijagram za odnos između zahtjeva kupca s jedne strane, matrice unutrašnjih procesa i odjela sudionika procesa dat je na slici 14.

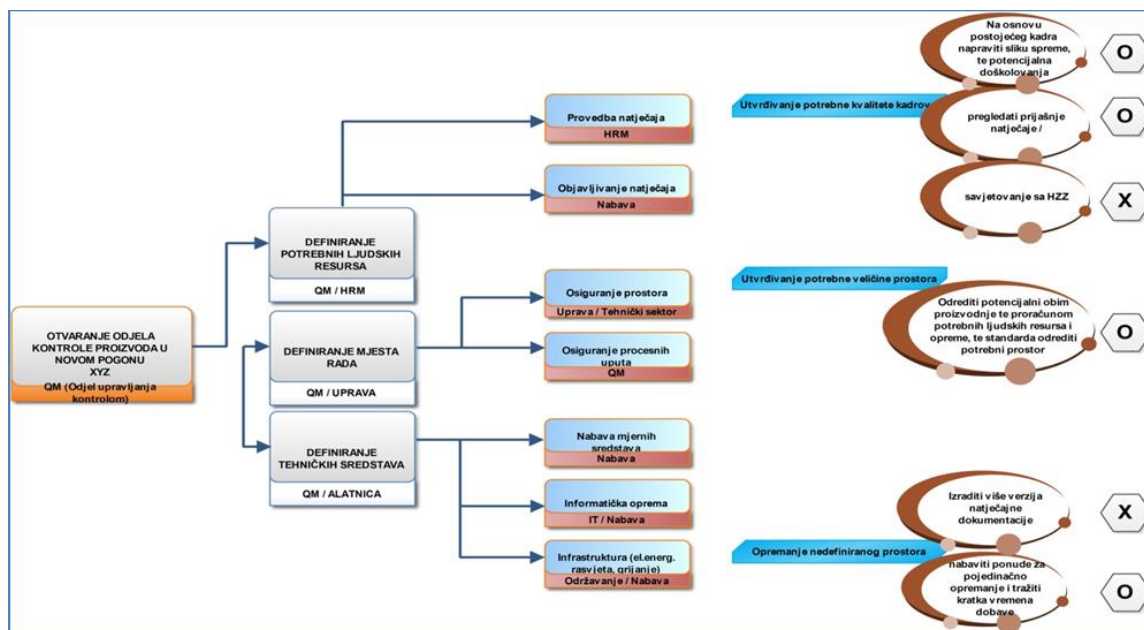
4.5. Programirane kartice za proces odlučivanja

Programirane karte u procesu odlučivanja (Process Decision Program Chart-PDPC) služe za sustavno identificiranje procesa koje bi mogli krenuti u pogrešnom smjeru. Mjere identificiranja razvijene su kako bi se spriječilo nastajanje grešaka u procesu, te će korištenjem ovih karata biti omogućeno izbjegavanje problema ili ponajbolji odgovor na probleme kad već do njih i dođe. Upotreba ovog alata osobito se preporuča u slučajevima kada je pokrećemo velik i složen projekt, kada projekt (plan) mora biti završen na vrijeme, te kada bi nepoštivanje ciljeva projekta dovela do velike štete. Postupak izvođenja postupka izrade PDPC je slijedeći:

1. Razviti stablo dijagram za predloženi proces (plan) u minimalno tri razine, u kojoj prva široko opisuje plan, druga definira široko, a treća usko zadatke za izvršenje plana.
2. Za svaki zadatak na trećoj razini potrebno je „brainstorm“ metodom utvrditi moguće poteškoće u izvršenju zadatka.
3. Pregledati sve potencijalne probleme, eliminirati ih, a one koji se pokažu kao teško odstranjivi prikazati u četvrtoj razini dijagrama
4. Za svaki od tih potencijalnih problema utvrditi protumjere. Protumjere prikazati u petoj razini dijagrama i posebno ih istaknuti.

5. Za sve protumjere analizom utvrditi teškoće pri njihovom provođenju, izračunati potrebna vremena i troškove provođenja. Protumjere u petoj razini

označiti sa X za loše (skuplje, dulje) i sa O za one koje su dobre (jeftinije, brže).



Slika 15. Programirane kartice za proces odlučivanja

Česta pitanja koja tim mora postavljati da bi uočio probleme plana su : Koji ulazi (inputi) moraju postojati? Postoje li nepoželjni ulazi (inputi)? Što očekujemo od izlaza (outputa)? Jesu li svi dobri? Što neki od podprocesa čini postupku (planu) ? Jeli to dobro ili loše? Ako imamo loš podproces, možemo li ga zamijeniti drugim? Jesu li vanjska djelovanja kontrolirana? Što možemo mijenjati, a što ne? Koje su naše pretpostavke što bi moglo poći u krivom smjeru? Jesmo li u prošlosti imali iskustava sa sličnim procesima? Znamo li koje su rezultate imali ti procesi, te koji su se problemi pojavljivali u implementaciji tih procesa ... Pitanjima nema kraja i ovise od postupka do postupka.

Za primjer iz „Stablo dijagrama“, PDPC dijagram prikazan je na slici 15.

4.6. Strijela dijagram (mrežni dijagram)

Strijela dijagram je kod nas puno poznatiji pod imenom mrežni dijagram. Služi kao dobar alat za operativno planiranje, ali i analiziranje i vođenje različitih projekata.

Mrežnim dijagramom vrši se grafički prikaz dinamika izvođenja radova. Dijagram se sastoji od niza aktivnosti međusobno povezanih vezama koje predstavljaju zavisnosti među aktivnostima. Veze se prikazuju linijama koje su strelično orijentirane, po čemu je i dobio ime Strijela dijagram (Arrow diagram).

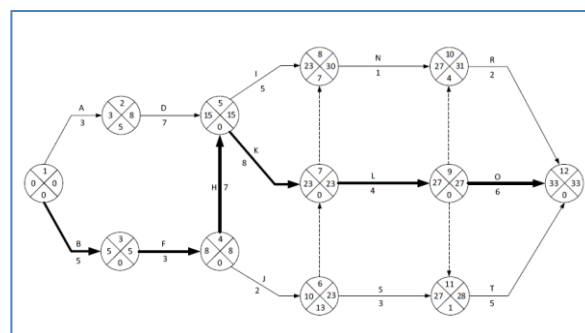
Metode mrežnog planiranja omogućuju grafički prikaz odvijanja pojedinih aktivnosti i njihovih međuzavisnosti, preko samog dijagrama. Na ovaj način dobivamo logičku strukturu procesa što nam omogućava raznolike procesne analize (vrijeme, redoslijed ...)

Pod projektom u tehnici mrežnog planiranja podrazumijevaju se aktivnosti, akcije, zadatke ili planove

koje želimo planirati ili pratiti u procesu realizacije. Ova veličina mora biti konačna što znači da joj početak i kraj moraju biti definirani.

Aktivnost je svaki parcijalni dio projekta, bilo da je to neki događaj ili pak stajanje, ali on uvijek znači određeni protok vremena i u dijagramu se označava strelicom.

Događaj je trenutak u kojem aktivnost započinje ili pak završava. Prikazuje se nekim od geometrijskih likova, uobičajeno kružicom. Svakoj aktivnosti pripada jedan početni i jedan završni događaj.



Slika 16. Strijela (mrežni) dijagram

4.7. Matrična analiza podataka (MDAC)

Dijagram matrične analize podataka se koristi pri istraživanju faktora koji utječu na veći broj stavki, kako bi se utvrdile njihove glavne međusobne veze i odredilo imaju li logički slične stavke također imaju i slične efekte. Može se koristiti i za pronalaženje grupa logički različitih stavki sa sličnim efektima.

Kada se uspoređuje veliki skup stavki, moguće je da zbog kompleksnosti situacije bude teško odrediti kako su različiti faktori međusobno povezani. Posebno može biti korisno da se pronađu grupe stavki koje se ponašaju na

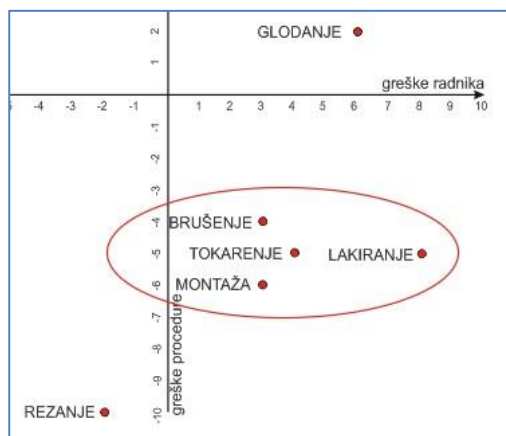
sličan način. Način na koji se izvodi analiza bit će prikazan na primjeru:

U sklopu jednog poduzeća djeluje više različitih odjela. Tim za analizu pokušava utvrditi na koji način su povezane sve učestalije greške koje se pojavljuju kao „greške radnika“ i „greške procedura“. Tim izrađuje tablicu grešaka te njihov udio ocjenjuje od -10 do 10:

Odjel	Greške radnika	Greške procedure
Odjel rezanje	-2	-10
Odjel tokarenje	4	-5
Odjel glodanje	6	2
Odjel brušenje	3	-4
Odjel lakiranje	8	-5
Odjel montaža	3	-6

Slika 17. Prikupljeni podaci za MDAC analizu

Slijedi crtanje dijagrama. Nakon što je dijagram nacrtan potrebno je utvrditi na koji se način podaci grupiraju, npr. iz ovog dijagrama je vidljivo da rezultati teže u donji desni kvadrant, što upućuje na zaključak da procedure sustava imaju svoju vrijednost, ali da ih radnici vjerojatno ne tumače na pravilan način.



Slika 18. Dijagram MDAC analize

Osim grupiranja podataka potrebno je uočiti i izolirane slučajeve, što je kod ove analize pojava grešaka na odjelu glodanja. Ovdje je u svakom slučaju potrebno izvršiti kontrolu procedura, jer je količina grešaka uzrokovana njihovom lošom kvalitetom u nesrazmjernu sa ostalim grupama. Kao što je vidljivo iz iznesenog, ova analiza se u mnogome odnosi na sustav regresije i korelacije. Međutim, definiranje odnosa u mnogome zavisi od gledišta tima, te je ponekad vrlo teško donijeti odluku kada se članovi tima ne slažu o ulozi pojedinog kriterija u važnosti rezultata.

6. ZAKLJUČAK

U suvremenoj proizvodnji vrlo je bitno otkriti gubitke unutar procesa. Ti gubici mogu biti različiti, a otac Toyotinog proizvodnog sustava Shigeo Shingo grupirao ih je kao transportne, gubitke čekanja, gubitke kretanja, proizvodne (materijalne) gubitke, gubitke pre-procesiranja, gubitke preprodukcije i gubitke zbog grešaka. Novi teoretičari kvalitete spominju još jedan

važan gubitak, a to je neiskorištavanje ljudskog potencijala. Kratkim analizom između autora ovog članka došlo se do zaključka kako se alati poboljšavanja vrlo rijetko upotrebljavaju u proizvodnim procesima industrijskih pogona sjeverozapadne Hrvatske. Kako bi ovaj vrlo važan segment kontrole procesa postao standard, a time omogućio našem gospodarstvu da se pravovremeno razvije, bit će potrebno uvesti edukaciju svih vrsta proizvodnih kadrova. Kratkim pregledom kurikuluma za zanimanje strojarski tehničar, lako se može vidjeti da učenici ne primaju obrazovanje organizacije proizvodnje, a samim time nisu ni upoznati s mogućnostima koje daju ovakvi alati, stoga se upoznavanje s osnovama kontrole kvalitete mora što hitnije uvesti u obrazovni proces.

Budućnost proizvodnje je garantirana samo organizacijama koje će svoje procese svakodnevno poboljšavati, svi ostali će neminovno nestati.

7. LITERATURA

- [1] Bukša, T.: „Diferencijacija upravljanja kvalitetom kod cikličkih projekata u brodograđevnoj industriji.“
- [2] Vuković, A.; Pavletić, D.; i Ikonić, M.: "Osnovni pristup potpunom upravljanju kvalitetom i temeljni koncepti izvrsnosti," Engineering Review, vol. 2, pp. 71-81,
- [3] Tague, N. R.: „The Quality Toolbox“ American Society for Quality, Quality Press, Milwaukee 53203, 2003, str. 260.
- [4] Vulanović, V. i dr.: „Metode i tehnike unapređenja procesa rada“, IIS Novi Sad, 2003. str. 46.
- [5] Kondić, Ž.; Čikić, A.: „Upravljanje kvalitetom u mehatronici“, VTŠ, Bjelovar 2011. str 418-426.
- [6] Tague, N. R.: „The Quality Toolbox Second Edition“, ASQ Quality Press, 2004, strana 444.
- [7] Kondić, Ž.: „Kvaliteta i metode poboljšavanja“, vlastito izdanje, 2004., str.313.

Kontakt autora:

Dražen Čelar

Kostwein proizvodnja strojeva d.o.o.
Pavleka Miškine 65, Varaždin
095 902 3224

Vladimir Valečić, student

Jesenovečka 41, Jesenovec, 10363 Belovar
098 163 9139

Dubravko Željezić

Ivančica d.d.
Ulica Petra Preradovića 12, Ivanec
098 843 888

dr.sc. Živko Kondić, izv.profesor

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, 42000 Varaždin
zkondic@unin.hr